

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07302437 A**(43) Date of publication of application: **14 . 11 . 95**

(51) Int. Cl

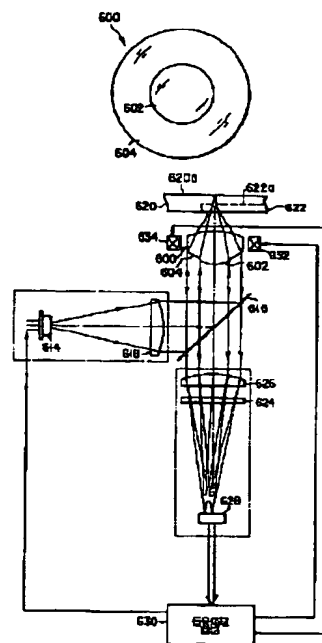
**G11B 7/135**(21) Application number: **07052999**(22) Date of filing: **13 . 03 . 95**(30) Priority: **11 . 03 . 94 JP 06 40753**(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**(72) Inventor: **HOSHINO ISAO  
YAMADA HISASHI**(54) **OPTICAL HEAD DEVICE AND LENS**

## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To execute good reproduction with plural information recording media varying in specifications in spite of the constitution small in size and low in cost by providing an objective lens having functions to form a condensed light spot on the recording surfaces of optical memories varying in specifications.

**CONSTITUTION:** The laser beam emitted from a laser 614 transmits a collimator lens 618 and is introduced to a beam splitter 616. The laser beam reflected by this beam splitter 616 is condensed by an objective lens 600 and the microspots are formed on the signal recording surfaces 620a, 622a of the optical disks 620, 622 having different disk thicknesses. The signal recording surfaces are formed on a transparent substrate. The light beams reflected by the optical disks 620, 622 propagate backward in the same optical paths. Namely, the reflected light beams are made incident via the objective lens 600 and a converging lens 626 on a holographic element (HOE) 624, by which the light beams are diffracted. These light beams are detected by the photodetector 628.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-302437

(43) 公開日 平成7年(1995)11月14日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 1 1 B 7/135

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z 7247-5D

A 7247-5D

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平7-52999

(22) 出願日 平成7年(1995)3月13日

(31) 優先権主張番号 特願平6-40753

(32) 優先日 平6(1994)3月11日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 星野 功

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 山田 尚志

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社

東芝柳町工場内

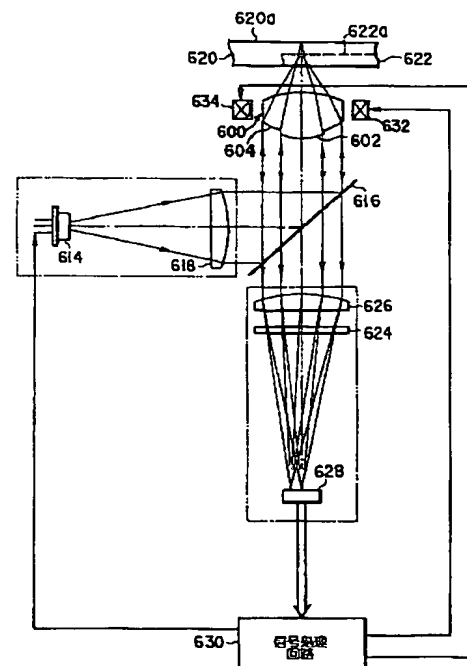
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 光学ヘッド装置およびレンズ

(57) 【要約】

【目的】 本発明は仕様、規格の異なる複数のディスクを共通に少なくとも再生できる光学ヘッド装置を提供することである。

【構成】 光源 (614) と、光源から出射された光ビームを光ディスクの記録面に集束照射するための対物レンズ (600) と、記録面からの反射光を光検出器 (628) へと導いて信号検出をするように構成した光学ヘッド装置において、対物レンズ (600) は一方の面が厚さの異なる複数の光ディスク (620、622) の記録面 (620a、622a) に集光スポットを形成するように形状の異なる複数のレンズ面 (602、604) に分割されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源と、前記光源から出射された光ビームを光メモリの記録面に集束照射するための対物レンズと、前記記録面からの反射光を光検出手段へと導いて信号検出をするように構成した光学ヘッド装置において、前記対物レンズは仕様の異なる光メモリの記録面に集光スポットを形成する機能を有する対物レンズであることを特徴とする光学ヘッド装置。

【請求項2】 前記対物レンズは、前記光源から出射された光ビームを基板の厚さが異なる複数の光メモリの記録面に集光スポットを形成する機能を有する対物レンズであることを特徴とする請求項1に記載の光学ヘッド装置。

【請求項3】 前記対物レンズは、前記光源から出射された光ビームを記録密度が異なる複数の光メモリの記録面に、記録密度に適合したサイズの集光スポットを形成する機能を有する対物レンズであることを特徴とする請求項1に記載の光学ヘッド装置。

【請求項4】 前記対物レンズは、レンズ面をリング形状に複数の領域に分割してなり、それぞれの領域が仕様の異なるレンズ面形状で構成したことを特徴とする請求項1、2、3のいずれか1項に記載の光学ヘッド装置。

【請求項5】 仕様の異なる複数の光メモリの各々に対して記録面に最適な集光スポットを形成するように設計された複数の対物レンズをリング形状に分割した前記複数の領域に配置したことを特徴とする請求項1、2、3、4のいずれか1項に記載の光学ヘッド装置。

【請求項6】 前記対物レンズは、一方の面が共通なレンズ面形状であることを特徴とする請求項1、2、3、4、5のいずれか1項に記載の光学ヘッド装置。

【請求項7】 前記対物レンズは、リング形状に分割した複数の領域の境界部において、互いに段差を生じないレンズ面形状で構成したことを特徴とする請求項1、2、3、4、6のいずれか1項に記載の光学ヘッド装置。

【請求項8】 前記対物レンズは、仕様の異なる複数の光メモリの記録面に集光スポットを形成すると共に前記対物レンズの出射面と前記複数の光メモリの入射面との距離（作動距離）が一定であることを特徴とする請求項1、2、4、5、6、7のいずれか1項に記載の光学ヘッド装置。

【請求項9】 前記対物レンズを複数の領域に分割するに際して、仕様の異なる複数の光メモリの再生信号周波数もしくは情報記録密度を基準にして面積積分したことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8のいずれか1項に記載の光学ヘッド装置。

【請求項10】 前記光源、前記対物レンズ、前記光検出手段を一体として支持する手段をさらに具備し、前記支持手段が移動しながら前記光検出手段が前記記録面からの反射光を検出することを特徴とする請求項1、2、

3、4、5、6、7、8、9のいずれか1項に記載の光学ヘッド装置。

【請求項11】 光が入射される第1の面と、光を出射する第2の面とを具備し、前記第1の面と前記第2の面との少なくとも一方が異なる光学特性を有する複数のレンズ面に同心円状に分割されていることを特徴とするレンズ。

【請求項12】 同心円状に分割された前記レンズ面の各々の幅は光の波長より大きいことを特徴とする請求項11に記載のレンズ。

【請求項13】 同心円状に分割された前記レンズ面は異なる焦点距離を持っていることを特徴とする請求項11に記載のレンズ。

【請求項14】 同心円状に分割された前記レンズ面は異なる開口数を有することを特徴とする請求項11に記載のレンズ。

【請求項15】 プラスチックまたはガラスを用いてモールディングまたはインジェクションにより形成されていることを特徴とする請求項11に記載のレンズ。

【請求項16】 前記分割数は3以上であることを特徴とする請求項11に記載のレンズ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光学ヘッド装置に関し、特に仕様、規格の異なる複数の光ディスク等の光メモリの少なくとも再生を簡便に行なうことができる光学ヘッド装置およびそれに用いられるレンズに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光ディスクに光ビームを照射し、その反射光を検出して光ディスクに記録されている情報を再生する技術は、CD（コンパクトディスク）、LD（レーザーディスク）装置等として広く実用化されている。このような光ディスク再生装置では、半導体レーザなどの光源から出射された光ビームを対物レンズにより光ディスクの信号記録面に集束照射し、光ディスクからの反射光を光検出器により検出することにより光ディスクに記録されている情報を再生する。

【0003】 このような光ディスクにおいては、記録密度の高密度化が図られており、従来の光ディスクとは規格の異なる光ディスクが存在するようになってきた。例えば、情報が記録される単位であるピットの大きさは、現在は1ミクロン程度であるが、サブミクロン程度に縮小される可能性が高い。

【0004】 光ディスクの記録密度は、光ディスク上に形成された情報記録用の微小なピットを読取るために光学ヘッド（ピックアップ）により光ディスク上に照射される記録・再生用の光スポットの大きさによって決まる。

【0005】 このスポットの径は、使用するレーザの波長と、対物レンズの開口数（NA：Numerical Apertur

e) によって決まり、

スポット径 =  $k \times \text{レーザ波長} / \text{NA}$

で表わされる。kは定数である。

【0006】このため、小さなスポットを用いて、より高密度の光ディスクを読取るうとすると、レーザ波長の短いものを用いるか、またはNAの大きなレンズを用いる必要がある。

【0007】従来の光学ヘッド装置は、対物レンズを1つのみ有する構成であったため、高密度の光ディスクを、従来の光ディスクに対応した対物レンズを備えた光学ヘッドで読取ることはできなかった。

【0008】すなわち、高密度用の光学ヘッドが、NAの大きな対物レンズを用いている場合は、対物レンズに対する光ディスクの傾きがあると、スポットの乱れが大きくなるため、共通に用いることができない場合が多い。これは、従来の規格では、光ディスクの反りなどを、大きな値のものまで許容していたが、新しい光ディスクでは、反りの小さいものしか許容しないようになっているため、反りの大きな光ディスクは読めないということ等による。

【0009】なお、スポットの乱れは、光ディスクの厚さによって影響を受け、厚さの薄い光ディスクは、光ディスクが傾いてもスポットの乱れが小さいことから、厚さの薄い光ディスクを高密度の光ディスクの基板に用いる例もある。

【0010】また、同一の光ディスクであっても、記録時と再生時で、最適の対物レンズの仕様が異なる場合があるが、対物レンズを1つのみ有する構成であったため、これに対処できないといった問題があった。

【0011】また、基板厚みの異なるディスクも新たな規格として誕生しており、新しい装置では従来規格のディスクの情報を記録または再生することができなくなってしまう危険性がある。

【0012】規格としてはディスク基板の厚さがある。この種の光ディスクは、一般にピットなどの形で情報が記録された透明基板（以下、ディスク基板という）上に反射膜を形成し、その上に保護層を形成した構造を有する。光ビームは、透明基板側から信号記録面である反射膜に照射される。この場合、ディスク基板の厚さによって再生特性が変化する。同じ開口数の対物レンズであっても、ディスク基板が薄い方がディスク傾きによる透過波面収差は小さく、信号記録面上の集光スポットの集光特性がよいので、再生情報信号の品位も高いものが得られる。このため、ディスク基板の厚さを薄くした光ディスクを使った光ディスク装置が出現してきた。

【0013】このように仕様、規格の異なる複数種類の光ディスクが存在するようになると、当然これらを同一の装置で再生できるようにするという要求が生じる。そのため、1台の記録・再生装置に光ディスクの種類に応じた複数の光学ヘッドを設け、使用するディスクに応じ

てこれらを機械的に切り替えるという方法がとられている。

【0014】この方法は確実であるが、複数の光学ヘッドを用意する必要であるとともに、これらを駆動/切り替える機構も複数用意する必要があるので、記録・再生装置を複数台設けるのと同じコスト、設置スペースを要することになり、複数の仕様の光ディスクを同一の装置で記録・再生するという本来のメリットが損なわれる結果となってしまう。

【0015】一方、上述したようにNAを大きくすると、レンズの収差の影響がNAの3乗に比例して大きくなるため影響がでやすくなることと、レンズの光軸に対して光ディスクの基板が傾いた場合のスポットの歪が大きくなる欠点があるが、これを解決するために、「超解像」という技術が考案されている。例えば、米国特許第5,121,378号明細書に記載されているように、レンズの中心部分を遮蔽して、ドーナツ状のレンズを構成した場合、レンズによるスポット径が覆わない場合に比較して10～20%小さくなることが報告されている。

【0016】特に、レーザ光を光源とする場合には、レンズの一部を覆うだけでなく、レンズの一部の厚みを、光の位相に影響する程度に変化させて、同心円状に構成することによって、同様の効果を得ることができるといことも報告されている。

【0017】しかし、上記技術では、遮蔽部材が必要となるため、光学系の大型化、複雑化が生じてしまう。また、遮蔽部材により光効率が悪化するという問題点を有するものである。

【0018】このように、従来の光学ヘッド装置は、対物レンズを1つのみ有する構成であったため、記録密度、反りの許容量、基板の厚み等の相違など規格の異なる複数の光ディスクを使用したい場合、あるいは、同一の光ディスクであっても、記録時と再生時で、最適のレンズの仕様が異なる場合、これに対処できないといった問題点があった。

【0019】なお、それぞれの規格や仕様に適応した専用の対物レンズを用いた専用の光学ヘッドを複数個用意して、切換えて使用することも考えられるが、このようにした場合には、機構が複雑化し、装置が大型化するばかりでなく、コストが上がるため、実用化し得ないという問題がある。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上述した事情に対処すべくなされたもので、その目的は、小型、かつ、安価な構成でありながら、仕様が異なる複数の情報記録媒体に対して、少なくとも良好な再生を行えるようにした光学ヘッド装置、およびそれに用いられるレンズを提供するものである。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明による光学ヘッド装置は、光源と、光源から出射された光ビームを光メモリの記録面に集束照射するための対物レンズと、記録面からの反射光を光検出手段へと導いて信号検出をするように構成した光学ヘッド装置において、対物レンズは仕様の異なる複数の光メモリの記録面に集光スポットを形成する機能を有する対物レンズであることを特徴とする。

【0022】本発明の光学ヘッド装置において、対物レンズは、光源から出射された光ビームを基板の厚さが異なる複数の光メモリの記録面に集光スポットを形成する機能を有する対物レンズであることを特徴とする。

【0023】本発明の光学ヘッド装置において、対物レンズは、光源から出射された光ビームを記録密度が異なる複数の光メモリの記録面に、記録密度に適合したサイズの集光スポットを形成する機能を有する対物レンズであることを特徴とする。

【0024】本発明の光学ヘッド装置において、対物レンズは、レンズ面をリング形状に複数の領域に分割してなり、それぞれの領域が仕様の異なるレンズ面形状で構成したことを特徴とする。

【0025】本発明の光学ヘッド装置において、仕様の異なる複数の光メモリの各々に対して記録面に最適な集光スポットを形成するように設計された複数の対物レンズをリング形状に分割した複数の領域に配置したことを特徴とする。

【0026】本発明の光学ヘッド装置において、対物レンズは、一方の面が共通なレンズ面形状であることを特徴とする。本発明の光学ヘッド装置において、対物レンズは、リング形状に分割した複数の領域の境界部において、互いに段差を生じないレンズ面形状で構成したことを特徴とする。

【0027】本発明の光学ヘッド装置において、対物レンズは、仕様の異なる複数の光メモリの記録面に集光スポットを形成すると共に対物レンズの出射面と複数の光メモリの入射面との距離（作動距離）が一定であることを特徴とする。

【0028】本発明の光学ヘッド装置において、対物レンズを複数の領域に分割するに際して、仕様の異なる複数の光メモリの再生信号周波数もしくは情報記録密度を基準にして面積配分したことを特徴とする。

【0029】本発明の光学ヘッド装置において、光源、対物レンズ、光検出手段を一体として支持する手段をさらに具備し、支持手段が移動しながら光検出手段が記録面からの反射光を検出することを特徴とする。

【0030】本発明によるレンズは光が入射される第1の面と、光を出射する第2の面とを具備し、第1の面と第2の面との少なくとも一方が異なる光学特性を有する複数のレンズ面に同心円状に分割されていることを特徴とする。

【0031】本発明のレンズにおいて、同心円状に分割されたレンズ面の各々の幅は光の波長より大きいことを特徴とする。本発明のレンズにおいて、同心円状に分割されたレンズ面は異なる焦点距離を持っていることを特徴とする。

【0032】本発明のレンズにおいて、同心円状に分割されたレンズ面は異なる開口数を有することを特徴とする。本発明のレンズは、プラスチックまたはガラスを用いてモールディングまたはインジェクションにより形成されていることを特徴とする。本発明のレンズにおいて、分割数は3以上であることを特徴とする。

【0033】

【作用】本発明によれば、光源と、光源から出射された光ビームを光メモリの記録面に集束照射するための対物レンズと、記録面からの反射光を光検出手段へと導いて信号検出をするように構成し、対物レンズは仕様の異なる複数の光メモリの記録面に集光スポットを形成する機能を有する対物レンズであることにより、小型、かつ、安価な構成でありながら、仕様が異なる複数の情報記録媒体に対して、1台の光学ヘッド装置により少なくとも良好な再生を行なうことができる。

【0034】

【実施例】以下、図面を参照して本発明による光学ヘッド装置の第1実施例を説明する。図1は第1実施例の光学ヘッド装置に用いられる対物レンズの概略図である。対物レンズ600は、その少なくとも一方の面が同心円状に複数のレンズ面に分割され、各レンズ面が異なる光学特性を有するように構成されている。図1(a)は光源側から見た対物レンズの平面図を示し、同図(b)はその断面図を示す。対物レンズ600の光源（図示せず）側の面が同心円状に2つのレンズ面602、604に分割されている。内側のレンズ面602は円形状であり、外側のレンズ面604は輪状（ドーナツ状）である。他の面（ディスク側の面）606は通常の連続したレンズ面である。レンズ面602はレンズ面604よりも外側に凸出しており、レンズ面602、604は異なる焦点距離を有する。内側のレンズ面602の焦点面608は外側のレンズ面604の焦点面610より遠方にある。このように対物レンズ600は異なる焦点距離を有する2つのレンズを同心円状に組み合わせたレンズと等価である。

【0035】なお、ディスク側の面606は連続面としたが、この面も同様に同心円状に2つのレンズ面に分割してもよい。図1の対物レンズ600を用いる時は、光ディスクの信号記録面を焦点面608、または610のいずれかに配置する必要がある。光ディスクの信号記録面が焦点面610に位置するように構成した場合は、レンズ面604を通過した光のみが焦点面610で集束し、レンズ面602を通過した光は焦点面610より遠くで集束し、焦点面610ではぼける。したがって、レ



レンズ面 602 を通過した光は信号検出のための光電変換素子 (図 1 には不図示) には戻ってこない。あるいは、戻ってきたとしても、非常に弱い強度であるので、レンズ面 604 を通過した光に基づく主信号に対しての干渉信号、または雑音信号となることが無い。このようにレンズ 600 は 2 つの焦点距離を有するレンズとして使用することができる。光ディスク装置においては、ディスクの位置は一定であるので、ディスクの信号記録面の位置が変化した場合は、対物レンズをフォーカス方向に移動する必要がある。

【0036】図 2 は図 1 のレンズ 600 を対物レンズとして用いた光学ヘッド装置全体の概略図である。レーザ 614 から出射されたレーザ光はコリメータレンズ 618 を透過してビームスプリッタ 616 に導かれる。ビームスプリッタ 616 で反射されたレーザ光は図 1 に示す対物レンズ 600 により集束され、異なるディスク厚の光ディスク 620、622 の信号記録面 620a、622a に微小スポットが形成される。信号記録面は透明基板の上に形成される。

【0037】光ディスク 620、622 で反射された光は同じ光路を逆方向に伝搬する。すなわち、反射光は対物レンズ 600、収束レンズ 626 を介して偏光素子であるホログラフィック素子 (HOE) 624 に入射される。ホログラフィック素子 624 で回折を受けて光ビームは光検出器 628 により検出される。

【0038】光検出器 628 の出力信号は、増幅器と演算回路からなる信号処理回路 630 に入力される。信号処理回路 630 は光検出器 628 の出力信号に種々の演算を施し、フォーカス誤差信号、トラッキング誤差信号および再生情報信号を生成する。フォーカス誤差信号とトラッキング誤差信号はアクチュエータ駆動回路 (図示せず) を介してフォーカシングコイル 632、トラッキングコイル 634 に供給される。これらのコイル 632、634 により対物レンズ 600 を動かし、光ディスク上の光スポットの位置を光軸方向とトラッキング方向に制御する。再生情報信号はデータ再生回路 (図示せず) に供給される。

【0039】図 3 に示すように、ホログラフィック素子 624 は、トラック方向と同一方向の領域分割線 623c によって 2 つの領域 625a、625b に分割されている。これらの領域 625a、625b においては、焦点誤差検出に必要な光ビームの形状変化を生じさせるために、一方は糸巻き状に、他方は樽形状にそれぞれ等間隔な格子を変形させた格子形状のホログラムが形成されている。また、領域 625a、625b のそれぞれの回折光が光検出器 628 の受光面上で分離されるように、領域 625a と領域 625b とで平均的な格子間隔を異ならせている。これにより、領域 625a からの回折光 630a は光検出器 628 の受光面 629a と 629b にまたがった領域に集光し、領域 625b からの回折光

630b は光検出器 628 の受光面 629c と 629d にまたがった領域に集光する。

【0040】ここで、光検出器 628 の受光面 629a、629b、629c、629d にそれぞれ対応する検出信号を 629A、629B、629C、629D としたとき、フォーカス誤差信号 Sf、トラッキング誤差信号 St および再生情報信号 Si は、次式の演算により得られる。

【0041】

$$Sf = (629A - 629B) + (629C - 629D)$$

$$St = (629A + 629B) - (629C + 629D)$$

$$Si = (629A + 629B + 629C + 629D)$$

図 2 の光学ヘッド装置において、光検出器 628 は収束レンズ 626 の焦点面に配置されている。そのため、ディスク 620 の記録・再生時でも、ディスク 622 の記録・再生時でも、対物レンズ 600 を介した反射光は平行ビームである。焦点検出を、例えば非点収差法で行なった場合は、光検出器 628 の領域 629a ~ 629d 上に照射されたビームの太さに関係なく、合焦点の検出が可能であるので、同一の検出器で 2 枚のディスクの焦点検出が可能である。

【0042】一方、トラッキング誤差の検出に関しては、従来から行なわれている 3 ビーム法、プッシュプル法等は光検出器上の光のスポットの大きさには関係せずトラッキング誤差信号を得ることができるので、このような構成で、両方のディスクに対して正しいトラッキング誤差信号を得るような光学ヘッドの設計が可能である。

【0043】以上は一般的な例であるが、次に具体的な例として、コンパクトディスク (CD) と高密度光ディスクの記録・再生を同一の光学ヘッド装置で行なう場合について説明する。コンパクトディスクの規格は、レーザ波長が 780nm、NA が 0.45、基板の厚さは 1.2mm である。一方、動画情報を圧縮して記録する高密度光ディスクとしては、レーザ波長が 680nm、NA が 0.6、基板の厚さが 0.6mm が考えられている。このようにディスク厚が異なる場合、ディスクとレンズとの間の距離 (作動距離) がディスクが変わってもできる限り等しくなるように光学ヘッド装置を設計すれば、ディスクの変更に伴い対物レンズの位置を変更する必要がなく、全体の機構系の設計が楽になるという効果がある。

【0044】図 4 (a) は高密度光ディスクの一例を示す斜視図、同図 (b) はコンパクトディスクと高密度光ディスクとを用いた場合の対物レンズ 600 の焦点距離の違いを示す図である。コンパクトディスクは基板厚さ t2 (= 1.2mm) の透明基板 720、反射層 724、保護層 722 からなる。

【0045】高密度光ディスク700はそれぞれが基板厚さ $t_2$  ( $=0.6\text{mm}$ )の透明基板701、702、反射層703、704、保護層705、706からなる2枚のディスクを接着層707を介して保護層705、706が向き合うように貼り合わせてなる。透明基板としてはポリカーボネイトやアクリル等の透光性の樹脂が用いられ、反射層としてはアルミニウム等が用いられる。接着層707は数 $10\mu\text{m}$ 厚の熱硬化型の接着剤からなる。高密度光ディスク700の中央にはクランピングのための穴708が開けられており、その周囲にクランピングゾーン709が設けられている。

【0046】図示しないレーザダイオードから出射され、再生光学系を経て入射する再生用光ビームは、対物レンズ600を介してディスクに透明基板720、701、720側から入射し、反射膜722、703、704上に微小なビームスポットとして集束される。

【0047】高密度光ディスク700は、 $0.6\text{mm}$ 厚という薄い基板701および702を用いていることから、 $1.2\text{mm}$ 厚の基板を用いるCDに比較して表面に付着したゴミや汚れに弱くなることもあるので、図示しないカートリッジに収容してもよい。高密度光ディスク700をカートリッジに収容する場合は、CDのようにディスクの持ち方や、ゴミ、指紋などに気を使わなくて済むようになるし、ハンドリング、持ち運びの面でも有利となる。CDのようにディスクが露出している場合は、傷などの不測の事態も考えてエラー訂正能力を決める必要があるが、カートリッジを用いる場合、そのような考慮は不要である。したがって、記録・再生が可能な光ディスクで用いられているように、セクタ単位でLD Cリード・ソロモンエラー訂正方式を用いることができる。これにより、例えば $2\text{K}\sim 4\text{K}$ バイト単位で光ディスクのフォーマットを行った場合、CDに比べて記録効率を $10\%$ 以上高めることができる。

【0048】一例として、高密度光ディスク700に記録する情報の変調方式として、例えば $4/9$ 変調方式を用い、高密度光ディスク700上のトラックピッチを $0.72\mu\text{m}$ 、ピットピッチを $0.96\mu\text{m}$ とすると、従来のCDフォーマットに比較して、ピットの密度比で $3.84$ 倍、変調方式で $20\%$ 、フォーマット効率で $10\%$ の向上が期待されるから、トータルで約 $5.1$ 倍の容量増加が望めることになる。映画等の動画像情報をS-VHS並みの高画質で記録・再生する場合、音声も含めて $4.5\text{Mbps}$ のレートとなるので、2時間の再生に必要な容量は $4\text{G}$ バイトである。上述した $5.1$ 倍の容量増加により、この $4\text{G}$ バイトという容量をディスク片面で実現できることになる。さらに、図4に示したように光ディスクを両面化すれば、一枚の光ディスクで最大4時間の記録が可能となる。

【0049】一般に、レンズの直径はNAと関連がある。ディスク厚が $0.6\text{mm}$ の高密度光ディスクに対し

ては、NAが大きくなるようにディスク上のビームスポットを極小化することが好ましい。また、ディスク厚が $1.2\text{mm}$ の低密度CDに対しては、ディスク上のビームスポットを極小化する必要が無いので、小さいNAの対物レンズを使うことができる。

【0050】本実施例の対物レンズはレンズ面の分割数を増加するように変形するしてもよい。図5はレンズ面を5つの領域640a~640eに同心円状に5分割したレンズ640を示す。ここで、中心から数えて奇数番目の領域640a、640c、640eの焦点は薄い光ディスク622の信号記録面622aに位置し、偶数番目の領域640b、640dの焦点は厚い光ディスク620の信号記録面620aに位置する。すなわち、奇数番目のレンズ面640a、640c、640eは偶数番目のレンズ面640b、640dより外側に突出している。もちろん、この逆に、奇数番目のレンズ面640a、640c、640eの焦点が厚い光ディスク620の信号記録面620aに位置し、偶数番目のレンズ面640b、640dの焦点が薄い光ディスク622の信号記録面622aに位置するように設計してもよい。

【0051】各リング領域の幅、径は使用するレーザ光の波長より大きいことが望ましい。もしも、幅、径がレーザ光の波長より小さいと、回折のために光ビームがディスクの信号記録面以外の位置に集束してしまう。

【0052】以上説明したように、第1実施例の光学ヘッド装置によれば、各領域毎に異なる焦点距離を有する少なくとも一方の面を同心円状に複数の領域に分割したレンズを対物レンズとして用いているので、規格の異なるディスクに対しても同一の装置で少なくとも再生ができる。

【0053】図6は図5に示した第1実施例の変形例に係るレンズ640を用いた光学ヘッド装置の一例を示す図である。上記実施例では、基板厚が異なる( $1.2\text{mm}$ と $0.6\text{mm}$ )場合を対象としていたが、本実施例では基板厚は同じであるもののトラックピッチが異なる場合を対象とする。上述したように、レンズ640は2つの焦点FA、FB ( $>FA$ )を有する。本装置では厚さTBの低密度ディスク650と、厚さTA ( $=TB$ )の高密度ディスク652が使用される。低密度ディスク650は焦点距離FBに配置され、ビームスポットが信号記録面650aに集束される。高密度ディスク652は焦点距離FAに配置され、ビームスポットが信号記録面652aに集束される。これを実現するために、本装置では、ディスクが載置されるディスクトレイ(図示せず)がディスクの種類に応じてフォーカス方向に上下移動し、ディスクとレンズとの作動距離がディスクに応じてWDA、WDB間で変化するようにになっている。

【0054】図7はレンズ640を用いた光学ヘッド装置の他の例を示す図である。本装置では、ディスクトレイの位置は固定され、レンズ640がディスクの種類に

応じてフォーカス方向に移動し、ディスクとレンズとの作動距離がディスクに応じてWDA、WDB間で変化するようにになっている。

【0055】図8は本発明によるレンズの第2実施例を示す。レンズ660の光源(図示せず)に対向する面は5つのリング状レンズ面660a~660eに同心円状に分割されている。第1実施例のレンズ640は2つの焦点のレンズを重ねた構造でリング形状のレンズ面の境界部は段差を生じていたが、本実施例では図8に示すように、隣接レンズ面どうしが滑らかに連続し境界部で段差が生じないように各レンズ面の表面形状が決められている。これは、各レンズ面660a~660eで各々異なる焦点距離を有するレンズの組合せからなるものである。すなわち、中心から数えて奇数番目のレンズ面660a、660c、660eは光軸上に中心を有する円弧上にあり、偶数番目のレンズ面660b、660dはレンズ面660a、660c、660eを斜めに結んでいる。すなわち、図8の例は実質的には3重の同心レンズ面660a、660c、660eからなり、各レンズ面の間が連続的に結ばれている。この連続部分も光が通過可能であるので、レンズ面660b、660dとなる。

【0056】5つのレンズ面660a~660eの幅、径、曲率は奇数番目のレンズ面660a、660c、660eを通過した光が薄い高密度ディスク622の信号記録面622aに集束し、偶数番目のレンズ面660b、660dを通過した光が厚い低密度ディスク620の信号記録面620aに集束するように決められている。もちろん、この逆に、奇数番目のレンズ面660a、660c、660eを通過した光が厚い低密度ディスク620の信号記録面620aに集束し、偶数番目のレンズ面660b、660dを通過した光が薄い高密度ディスク622の信号記録面622aに集束するように5つのレンズ面660a~660eの幅、径、曲率を決めてもよい。

【0057】ここでは、2枚のディスク620、622が同一作動距離の位置に配置される。低密度ディスク620は、例えばコンパクトディスクであり、高密度ディスク622は、例えば図4(a)に示すディスクである。

【0058】このようなレンズを用いた場合、図9に示すように、中心のメインビームから離れた位置に同心円状にサイドロープと呼ばれる光の強い部分ができる傾向がある。このため、実質的に光スポットが大きくなったのと同じ効果をもたらす場合がある。これを防ぐには、各レンズ面660a~660eの面積を厳密に設計する必要がある。設計の自由度を確保する意味でも、このような3重の同心円構造が好ましい。もちろん、同心構造の数は3に限定されず、4、または5つのレンズ面に分割してもよい。

【0059】分割数を可能な限り増加していくと、各レ

ンズ面の光学特性は図1に示した2つのレンズ面602、604の特性に漸近していくことは明かである。そのため、上述したサイドロープの影響を防ぐためには、分割数はできるだけ多い方が好ましい。しかし、各分割リング形状領域の幅がレーザ光の波長に近付くと、レンズは本来の機能以外にも回析格子としての機能も呈し、回析光の影響が現われるので、各領域をあまり小さくすることはできない。したがって、分割数は分割領域が光の波長に対して充分大きい幅を有することができる範囲に限定される。

【0060】もちろん、逆に回析格子として設計して対物レンズの役割をさせることも可能であるが、この場合には光の利用効率低下するため、設計の思想としては別の手法が必要となる。

【0061】このような同心円状の構成は、通常、超解像と呼ばれるレンズの場合に用いられる構成であり、この場合は、先に述べたサイドロープが出来易いものの、メインビームは小さくなる傾向にあり、適当な設計ではより小さなスポットサイズが得られる。このため、この性質を利用することによって、さらに小さなスポットサイズを実現することも可能である。

【0062】上述の説明では、ディスクと反対側のレンズの面を複数の面に分割し、レンズに対向する面は連続面としたが、図8のような場合は、両方のレンズの境界部では同じ面を光が通過することがあるからである。例えば、ディスクと反対側のレンズ面を5つのレンズ面604a~604eに分割すると、レンズ面660a、660c、660eを通過する光と、レンズ面660b、660dを通過する光がディスクに対向するレンズ面で同じ領域を通過することがあるからである。しかし、レンズの構成としては、これに限られることはなく、ディスクの反対側ではなくディスクに対向する面を複数のレンズ面に分割し、ディスクの反対側の面を連続面としてもよいし、レンズの両面を複数のレンズ面に分割してもよい。

【0063】図8の例は厚さの異なるディスクを同じ作動距離で使う場合を示す。図10は厚さが同じでトラックピッチ(記録密度)が異なる2枚のディスク650、652の記録面650a、652aにビームスポットを集束させるために作動距離をWDA、WDB間で変化させる光学ヘッドを示す。トラックピッチが細かい高密度ディスク652は、トラックピッチが粗い低密度ディスク650よりもレンズに近い位置に配置する必要がある。レンズ面660a、660c、660eを通過した光が手前側にある高密度ディスク652の信号記録面652aに集束し、レンズ面660b、660dを通過した光が遠くにある低密度ディスク650の信号記録面650aに集束する。したがって、ディスクが載置されるディスクトレイ(図示せず)がディスクの種類に応じてフォーカス方向に上下移動し、ディスクとレンズとの作



動距離がディスクに応じてWDA、WDB間で変化する。

【0064】図9はレンズ660を用いた光学ヘッド装置の他の例を示す図である。本装置では、ディスクトレイの位置は固定され、レンズ660がディスクの種類に応じてフォーカス方向に移動し、ディスクとレンズとの作動距離がディスクに応じてWDA、WDB間で変化するようになっている。

【0065】本発明のレンズは金型を精密工作機械で削り出し、その型を元にプラスチックインジェクションを行なって成型するか、ガラスモールドを行なう必要がある。この製法そのものは、現在用いられている非球面レンズの製法と同じであり、要求精度も変わらないので、製造上の問題は少ない。

【0066】図12は本発明による光学ヘッド装置の第3実施例の平面図である。情報の記録再生に供されるディスク101（光ディスク、光磁気ディスクなど）は、ベース102に固定されたスピンドルモータ103に対してマグネットチャック等のチャッキング手段により保持されており、記録再生時にはスピンドルモータ103

によって安定に回転駆動される。

【0067】ディスク101の下部には近接した位置に可動体104が配置されている。可動体104は、第1可動体105と第2可動体106とからなっており、後述するように、ディスク101の径方向および厚み方向に移動可能に支持されている。

【0068】第1可動体105は、ディスク101面に対向する略楕円形をなす平板状のブレード105aと、ブレード105a下部に固定される筒状のコイルボビン105bとからなる。また、これらブレード105aおよびコイルボビン105bの中心には滑り軸受105c

が設けられている。

【0069】滑り軸受105cには、一端を第2可動体106に固定し立設された回転軸107が微小隙間（10ミクロン以下）を介して挿入嵌合され、滑り軸受機構（軸摺動機構）を構成している。そして、第1可動体105はこの回転軸107回りの回転運動および軸方向への並進運動が可能となっている。

【0070】ブレード105a上にはカウンタウェイト732と上述したレンズ600、640、660のいずれかからなる対物レンズ730とが設けられている。対物レンズ730は複数の異なる光学的な特性を有するように構成されている。例えば、開口数（NA）が0.45と0.6を有するように構成されている。対物レンズ730とカウンタウェイト732の取り付け位置は、第1可動体105の全質量の重心が回転軸107にほぼ一致する位置となるように、回転軸107を通過する直径上に中心軸から等距離に配置されている。すなわち、第1可動体105は、対物レンズ730とカウンタウェイト732とによって回転軸107に対し重量バランスの

とれた構造となっている。

【0071】コイルボビン105bの周囲にはフォーカスコイル109が巻装されている。フォーカスコイル109の周囲には、平面的に巻装された矩形状の2枚のトラッキングコイル200a、200bが、それぞれ所定間隔で貼設されている。フォーカスコイル109およびトラッキングコイル200a、200bの周囲であり第2可動体106上には、ちょうど回転軸107に対して対称な位置関係に、永久磁石110a、110bおよびヨーク111a、111bからなる磁気回路112a、112bが設けられ、所定長さの磁気ギャップを介してフォーカスコイル109およびトラッキングコイル200a、200bと対向配置されており、フォーカスコイル109およびトラッキングコイル200a、200bに対して磁界が付与されている。なお、2つの磁気回路112a、112bは同一構造をなしており、永久磁石110a、110bの着磁の向きは磁気ギャップの厚み方向と一致している。

【0072】フォーカスコイル109が通電されるとともに磁気回路112a、112bから磁束を受けることによりローレンツ力が発生し、第1可動体105はディスク101の厚み方向（回転軸107の軸方向）に向かって微かに並進駆動される。また、トラッキングコイル200a、200bが通電されるとともに磁気回路112a、112bから磁束を受けることによりローレンツ力が発生し、第1可動体105はディスク101の径方向（回転軸107回り）に向かって微かに回転駆動される。

【0073】コイルボビン105bの周囲の180°離れた位置でトラッキングコイル200a、200b上には、鉄片などからなる2枚の磁性体201a、201bが設けられている。磁性体201a、201bは、対物レンズ730、カウンタウェイト732と90°離れた位置に回転軸107に対して対称な関係に貼設されている。対物レンズ730が光路内にある時には、これら磁性体201a、201bはちょうど磁気回路112a、112bの磁気ギャップに対向配置される。

【0074】一方、第2可動体106は前述したように、回転軸107を介して第1可動体105と接続している。第2可動体106の両端部には、ちょうど第2可動体106の重心位置から等しい距離に一对のラジアルコイル113a、113bが取り付けられている。ラジアルコイル113a、113bには、ベース102に固定されたラジアル磁気回路114a、114bから磁界が付与されている。

【0075】ラジアル磁気回路114a、114bは、バックヨーク115a、115bとセンターヨーク116a、116bと、永久磁石117a、117bとからなり、ラジアルコイル113a、113bはセンターヨーク116a、116bと永久磁石117a、117b

とで規定される磁気ギャップ内に移動可能に挿通されている。なお、2つのラジアル磁気回路114a、114bは同一構造をなしており、永久磁石117a、117bの着磁の向きは磁気ギャップの厚み方向と一致している。

【0076】第2可動体106の左右には2対4個の滑り軸受119a、119bが設けられ、これら滑り軸受に挿通される関係に2本のガイドレール118a、118bが平行配置されている。なお、ガイドレール118a、118bの両端はベース102に固定されている。第2可動体106はこれらガイドレール118a、118bに沿って移動可能に支持されている。

【0077】ラジアルコイル113a、113bが通電されるとともにラジアル磁気回路114a、114bから磁束を受けることによりローレンツ力が発生し、第2可動体106はディスク101の径方向に向かって並進駆動される。

【0078】ラジアル磁気回路114a、114bの磁気ギャップ幅は、第2可動体106がガイドレール118a、118bの長手方向に必要な距離だけ移動できるように、換言すれば対物レンズ108a、108bをディスク101の最外周から最内周までラジアル方向に移動できるように、同方向に十分に長く形成されている。

【0079】この装置の光学系および信号処理系については、特願平6-83788号「対物レンズ駆動装置」に記載のものをを用いることができる。図13は本発明による光学ヘッド装置の第4実施例の平面図である。本装置は、情報記録媒体である光ディスク10（一部のみを二点鎖線で示す）を保持して回転駆動するディスク駆動手段としてのスピンドルモータを有する。スピンドルモータにより回転される光ディスク10の下面側には、カウンタウェイト742と上述したレンズ600、640、660のいずれかからなる対物レンズ740及び光学系を搭載し、光ディスク10の半径方向（矢印A方向）に直線的に移動可能なピックアップ20が設けられている。

【0080】ピックアップ20は、リニアモータ74を駆動源として、トラッキング制御方向である光ディスク10の半径方向（矢印A方向）に移動可能な移動手段としてのキャリッジ60を有する。

【0081】キャリッジ60の両側部には、板ばねを介して支持された2個を対とした複数の（ここでは2対の）支持ローラ62…が設けられ、これら支持ローラ62…を光ディスク10の半径方向に沿って水平かつ平行に配設された2本のガイドシャフト64、64に転接させることで、光ディスク10の半径方向（矢印A方向）に移動可能に支持されている。

【0082】さらに、キャリッジ60の両側部には、ラジアルコイル66、66が取付けられており、これらラジアルコイル66、66は、磁気回路の形成部材である

内ヨーク68、68に外嵌した状態となっている。また、内ヨーク68、68は、外側に設けられた外ヨーク70、70と接続した状態となっており、外ヨーク70、70の内側にはマグネット72がそれぞれ取着された状態となっており、リニアモータ74を構成している。

【0083】ラジアルコイル66、66に電力を供給することにより、推進力（ローレンツ力）が発生し、キャリッジ60をトラッキング制御方向に往復移動させることができるようになっている。

【0084】図14は図13のピックアップ20の構成を示したものであり、大きく分けて、可動支持部材である回転ブレード82および磁気回路1411により構成されるレンズアクチュエータからなる。回転ブレード82は光ディスク装置に装填される光ディスク（図14には示さず）の記録面に垂直な軸を中心に回転可能で、かつ光ディスクに照射される光ビームの光軸方向に移動可能に設けられている。半導体レーザのような光源1403、コリメーティングレンズ1404およびビームスプリッタ1405から送光光学系が構成され、集光レンズ1408と回折型光学素子（HOE：Holographic Optical Element）1409および光検出器1410により、光ディスクで反射した光ビームを検出するための検出系が構成されている。

【0085】回転ブレード82は少なくとも図中上端部が閉塞した有底筒状の形状をなし、この上端部に対物レンズ740とカウンタウェイト742とが回転軸を中心に等距離、かつ重量バランスがとれるように配設されている。磁気回路1411は、回転ブレード82の周囲の180°対向する位置に配設された一対の半弧状ヨーク1412a、1412bおよび該ヨーク1412a、1412bの内周側に被着された磁石1413a、1413bと、回転ブレード82の磁石1413a、1413bに対向し得る位置に配設されたトラッキングコイル1414a～1414fからなる。

【0086】送光光学系と検出系との間には、ビームスプリッタ1405と対物レンズ740との間の光路を形成するための反射鏡1406が配置されている。このような構成において、光源1403から出射した光は、コリメーティングレンズ1404で平行光束となり、ビームスプリッタ1405および反射鏡1406を経て対物レンズ740で集光して、回転ブレード82の上部に配置されて回転する光ディスクの情報記録面上に微小ビームスポットを形成する。

【0087】光ディスクの記録面で反射した光は、往路つまり光源1403からコリメーティングレンズ1404、ビームスプリッタ1405、反射鏡1406、対物レンズ740を経て光ディスクの記録面に向かう入射光の経路と逆に、対物レンズ740および反射鏡1406を経てビームスプリッタ1405で反射して検出系に導

かれる。検出系は、光ディスクの記録面上のピット列に対して、対物レンズ 740 で集束した微小スポットの位置を光軸方向（フォーカス方向）と光ディスクの半径方向（トラッキング方向）に制御するための誤差信号を生成すると共に、光ディスクに記録された情報信号を再生するためのものである。

【0088】これらの 3 つの信号（フォーカス誤差信号、トラッキング誤差信号、再生情報信号）を得るための検出系は、例えば特開平 3-257 号「光メモリ装置」に詳細に記載されているようなもので構成することができる。この検出系そのものは本発明の要旨に関係しないが、動作の概略を説明する。本実施例の検出系は、前述したように集光レンズ 1408 と HOE 1409 および光検出器 1410 で構成される。光ディスクからの反射光は、集光レンズ 1408 で光検出器 1410 に集光される。

【0089】集光レンズ 1408 と光検出器 1410 の間に配置された HOE 1409 には、光ディスク 1420 a または 1420 b 上のトラックと同じ方位の分割線で 2 分割された領域に、異なる格子形状のホログラムが形成されている。具体的には、一方の格子形状が糸巻き状に内側に湾曲した形状であるときは、残りの一方は樽形状に外側に湾曲した形状であるようなホログラムである。また、それぞれのホログラムの回折光が光検出器 1410 の検出面上の異なる位置に回折するように格子ピッチを異ならせている。HOE 1409 上のホログラムをこのような格子形状に設定すると、光検出器 1410 上の光ビームがフォーカスずれに応じて特徴的な形状の変化をきたすようにすることができるので、光検出器 1410 を 2 組の 2 分割光受光素子により構成し、それぞれの回折光を 2 分割光受光素子で差動検出することにより、フォーカス誤差を検出することができる。また、トラッキング誤差についてはそれぞれのホログラムの回折光の差分から検出できる。さらに、再生情報信号については光検出器 1410 の出力の総和から容易に検出できる。本実施例では HOE を用いた検出系としたがこの検出系に限らず、集光レンズと円柱レンズを組み合わせた非点収差法と呼ばれるフォーカス誤差検出系など、いかなる公知の検出光学系も同様に用いることができる。

【0090】光検出器 1410 を構成する 2 組の 2 分割受光素子から出力される 4 つの出力信号は検出信号処理回路 1501 に入力され、ここで増幅と演算が行われることにより、上記のようにして再生情報信号とフォーカス誤差信号およびトラッキング誤差信号が生成される。これらのうち再生情報信号は、復号化などを行う図示しない信号処理部へ出力される。一方、フォーカス誤差信号とトラッキング誤差信号は、図示しないホストシステムと接続している制御信号発生回路 1502 に入力され、フォーカス引き込み時のシーケンス制御やトラック検索時のトラッキング制御信号への特殊動作信号の重畳

などの信号処理が施された後、アクチュエータ制御回路 1503 を介してフォーカス制御動信号とトラッキング制御信号となる。

【0091】これらのフォーカス制御信号およびトラッキング制御信号に従って、磁気回路 1411 中のフォーカスコイル 1416 およびトラッキングコイル 1414 a ~ 1414 c に流れる電流が制御される。これにより電磁作用で発生する駆動力に従って、回転ブレード 82 が光ディスクに照射される光ビームの光軸方向（フォーカス方向）と光ディスクの半径方向（トラッキング方向）に制御され、光ディスクのトラック上に光スポットを位置するように制御がなされる。

【0092】これらの一連の構成および動作は、従来の光学ヘッドと基本的な部分においては同じである。本発明は上述した実施例に限定されず、種々変形して実施可能である。例えば、上述の説明では、各分割領域が有する異なる光学的特性としては焦点距離を説明したが、これに限らず、NA 等でもよい。また、ディスクの記録密度、反りの許容量、基板の厚み等の相違など規格の異なる複数のディスクの処理に適した複数の対物レンズに限らず、同一のディスクに対して記録時と再生時で、それぞれ対物レンズの仕様が異なる場合にも本発明のレンズを用いた光学ヘッドは有効である。さらに、記録媒体も再生専用の光ディスクに限らず、追記型の光ディスク、書換えが可能な光磁気ディスク等でもよい。

【0093】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、小型、かつ、安価な構成でありながら、対物レンズの仕様が異なる複数の情報記録媒体に対して、少なくとも良好な再生を行える光学的ヘッド装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明によるレンズの第 1 実施例を示す概略図。

【図 2】第 1 実施例に係るレンズを用いた光学ヘッド装置の概略を示す図。

【図 3】図 2 の光学ヘッド装置に用いられる光検出器の検出原理を示す図。

【図 4】図 2 の光学ヘッド装置が再生する高密度光ディスクの構成を示す図。

【図 5】第 1 実施例のレンズの変形例を示す図。

【図 6】図 5 に示した変形例に係るレンズを用いた光学ヘッド装置の一例を示す図。

【図 7】図 5 に示した変形例に係るレンズを用いた光学ヘッド装置の他の例を示す図。

【図 8】本発明によるレンズの第 2 実施例を示す概略図。

【図 9】第 2 実施例に係るレンズの特性を示す図。

【図 10】第 2 実施例に係るレンズを用いた光学ヘッド装置の一例を示す図。

【図 11】第 2 実施例に係るレンズを用いた光学ヘッド

装置の他の例を示す図。

【図12】本発明による光学ヘッド装置の第3実施例の平面図。

【図13】本発明による光学ヘッド装置の第4実施例の平面図。

【図14】第4実施例の光学系の詳細を示す図。

【図15】異なる密度のディスクを再生する場合の原理を示す図。

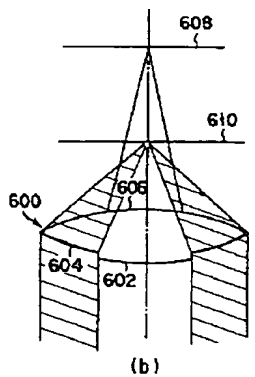
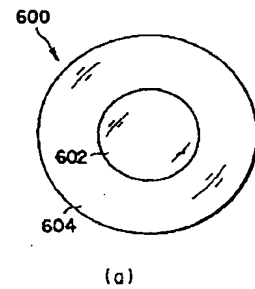
【図16】異なる密度のディスクにおけるトラッキング

制御の原理を示す図。

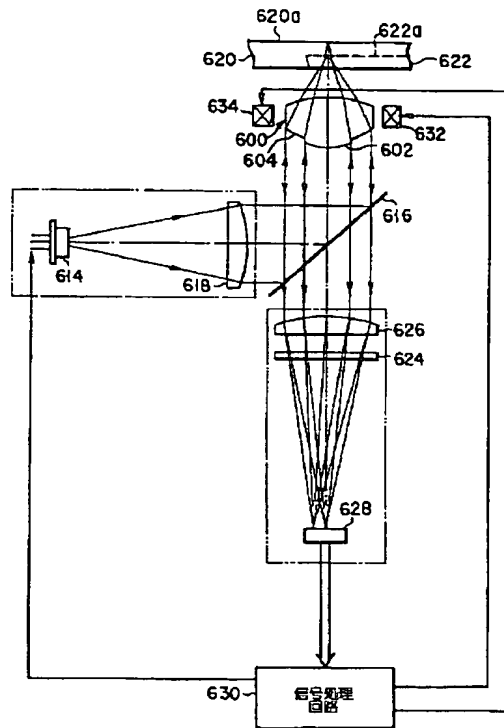
【符号の説明】

600…対物レンズ、602、604…レンズ面、608、610…焦点面、614…レーザ、618…コリメータレンズ、616…ビームスプリッタ、620、622…光ディスク、620a、622a…記録面、626…収束レンズ、624…ホログラフィック素子、628…光検出器、630…信号処理回路、632…フォーカシングコイル、634…トラッキングコイル。

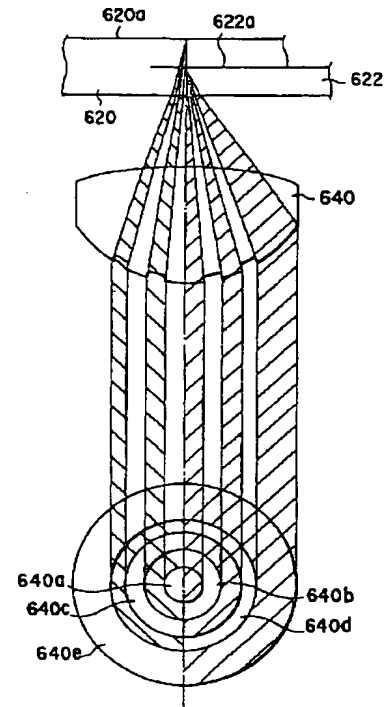
【図1】



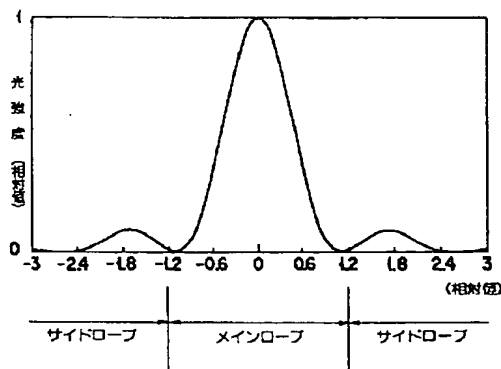
【図2】



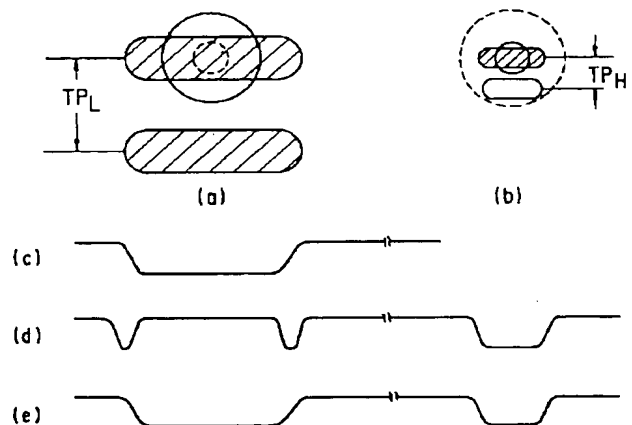
【図5】



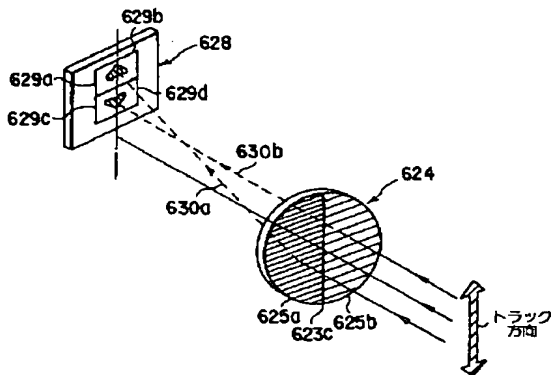
【図9】



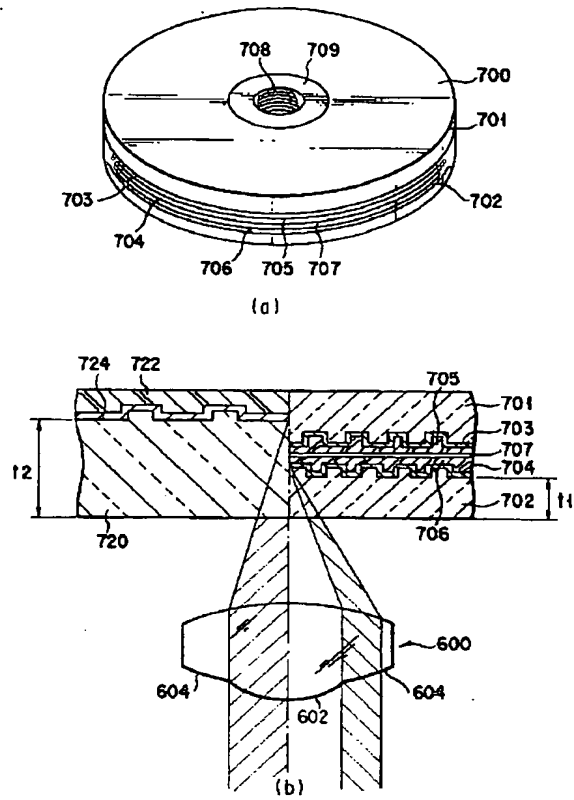
【図15】



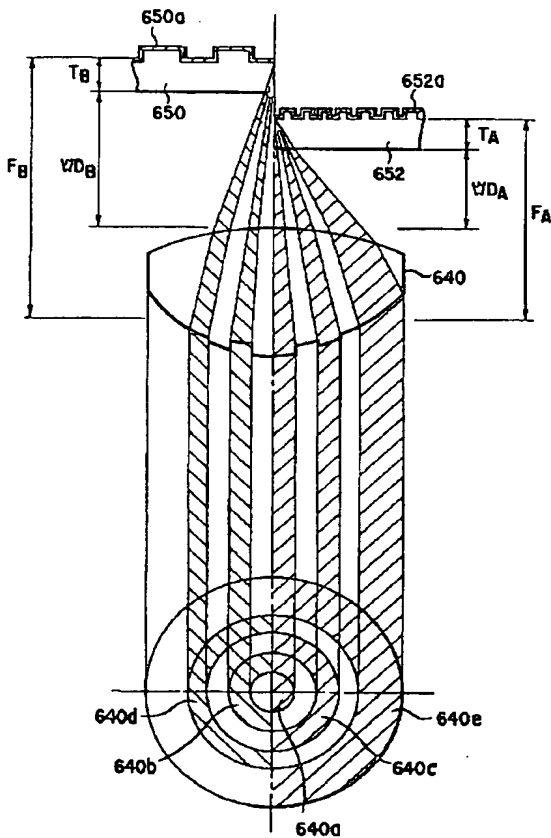
【図 3】



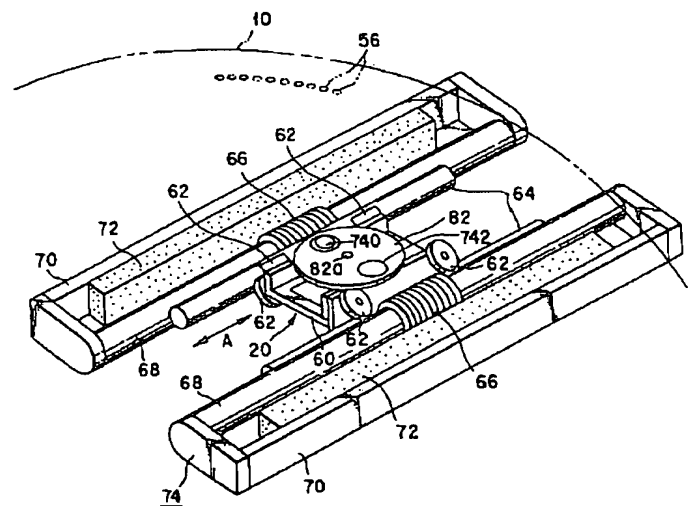
【図 4】



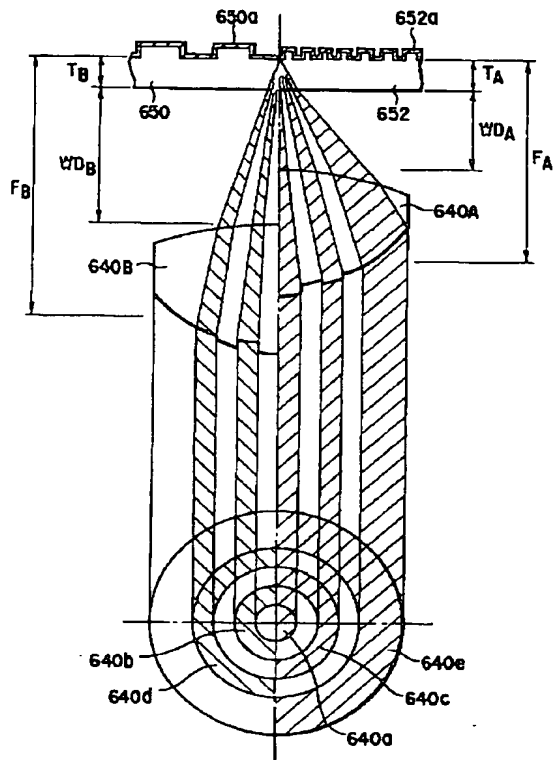
【図 6】



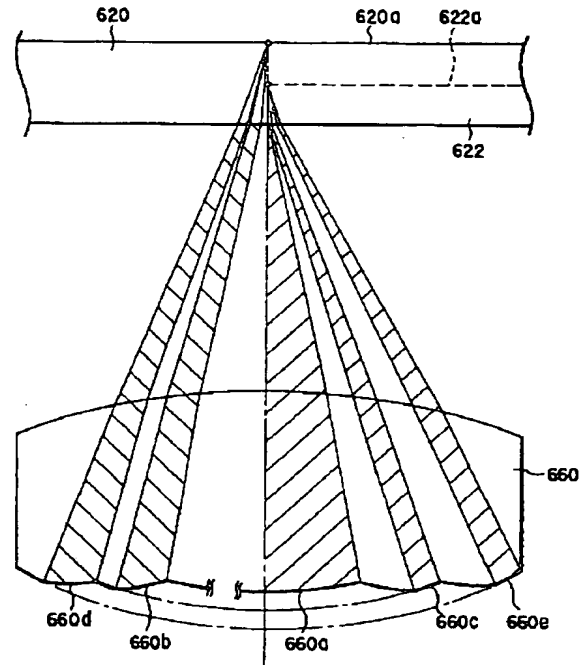
【図 13】



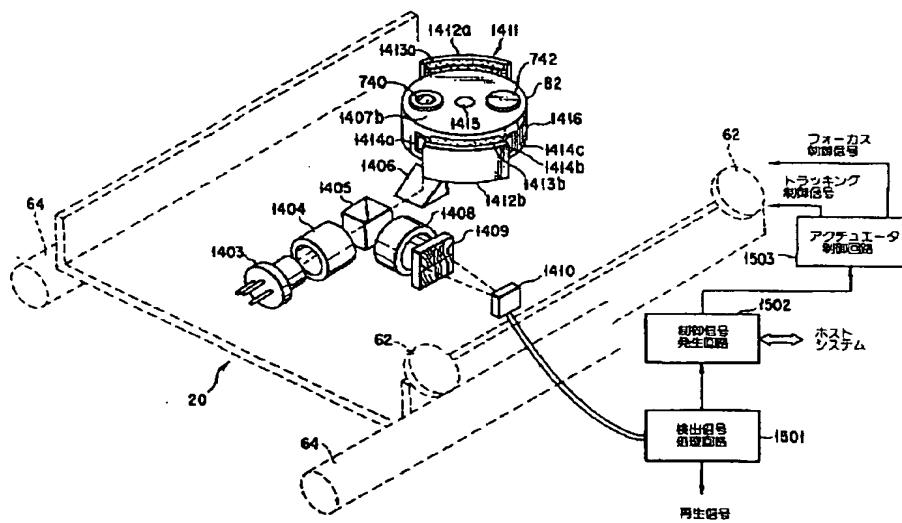
【図 7】



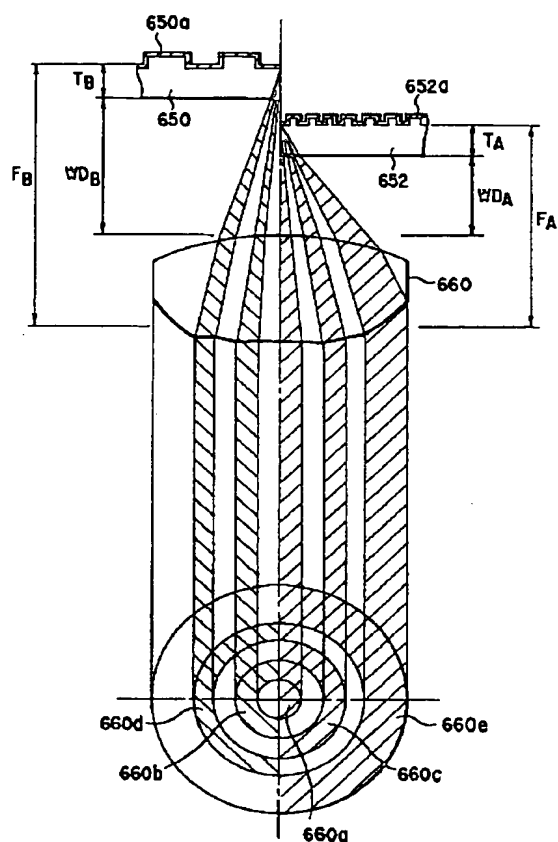
【図 8】



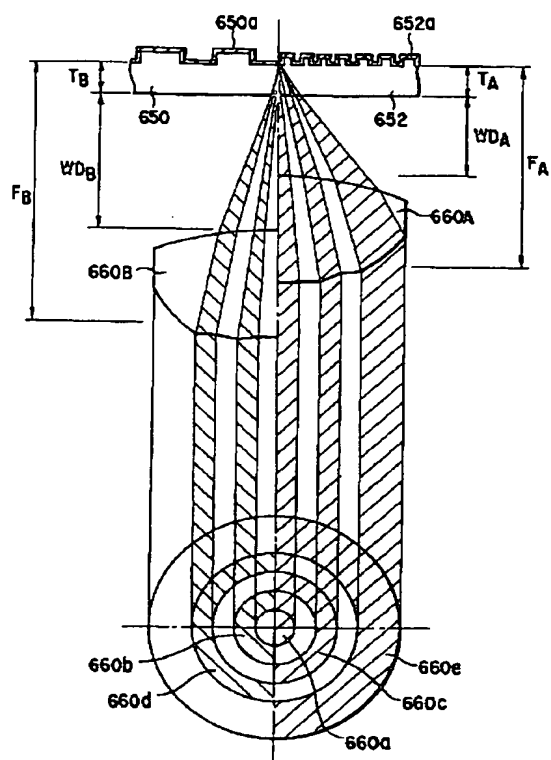
【図 14】



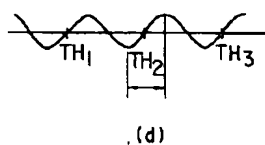
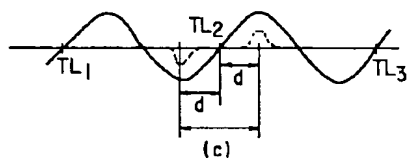
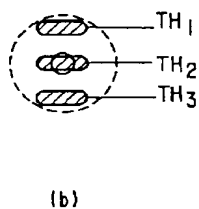
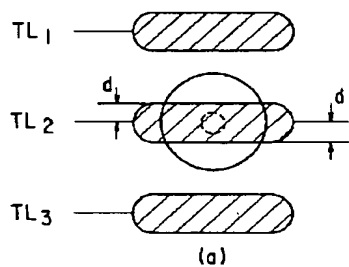
【図 10】



【図 11】



【図 16】



【図 1 2】

